

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-250791  
(P2002-250791A)

(43) 公開日 平成14年9月6日 (2002.9.6)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-コ-ド (参考)
G 2 1 F 1/08		G 2 1 F 1/08	
C 2 2 C 21/00		C 2 2 C 21/00	N

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2001-281541 (P2001-281541)	(71) 出願人	399054321 東洋アルミニウム株式会社 大阪府大阪市中央区久太郎町3丁目6番8号
(22) 出願日	平成13年9月17日 (2001.9.17)	(72) 発明者	楠井 潤 大阪府大阪市中央区久太郎町3丁目6番8号 東洋アルミニウム株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2000-388956 (P2000-388956)	(72) 発明者	横江 一彦 大阪府大阪市中央区久太郎町3丁目6番8号 東洋アルミニウム株式会社内
(32) 優先日	平成12年12月21日 (2000.12.21)	(74) 代理人	100065215 弁理士 三枝 英二 (外8名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

(54) 【発明の名称】 中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末及び中性子吸収材料

(57) 【要約】

【課題】 信頼性の高い中性子吸収性能を有する材料を提供する。

【解決手段】 G d 及び S m の少なくとも1種を0.1～50重量%含む中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末、及びその粉末により得られる中性子吸収材料に係る。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 Gd及びSmの少なくとも1種を0.1～50重量%含む中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【請求項2】 アトマイズ法によって製造される請求項1記載の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【請求項3】 平均粒径が500μm以下である請求項1又は2に記載の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【請求項4】 さらにホウ素及びその化合物の少なくとも1種のホウ素成分をホウ素換算で2.4重量%以下含む、請求項1～3のいずれかに記載の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載のアルミニウム合金粉末を固化成形して得られる中性子吸収材料。

【請求項6】 最長径10μmを超える晶出物及び析出物が存在しない請求項5記載の中性子吸収材料。

【請求項7】 150℃での引張強度が100MPa以上である請求項5又は6に記載の中性子吸収材料。

【請求項8】 熱伝導率が160W/mK以上である請求項5～7のいずれかに記載の中性子吸収材料。

【請求項9】 Gd及びSmの少なくとも1種ならびにAlを含む溶湯をアトマイズすることを特徴とする中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末の製造方法。

【請求項10】 Gd及びSmの少なくとも1種が溶湯中0.1～50重量%含まれる請求項9記載の製造方法。

【請求項11】 請求項1～3のいずれかに記載のアルミニウム合金粉末97.6～99.9重量部とホウ素及びホウ素化合物の少なくとも1種をホウ素換算で0.1～2.4重量部混合してなる中性子吸収複合材料用粉末。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、新規な中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末及び中性子吸収材料に関する。

【0002】

【従来技術】 従来、中性子線を吸収するための材料としてホウ素(B)を多量に添加したアルミニウムが使用されている。ところが、ホウ素はアルミニウム溶湯中で溶解しにくいため、多量のホウ素を均一に含むアルミニウムを製造することは困難である。アルミニウム材料中にホウ素が欠乏する部分がある場合には、その部分から設計値以上の中性子線が漏れ出るというおそれがある。

【0003】 一方、アルミニウム粉末とB<sub>4</sub>C等のホウ素化合物粉末とを混合すれば、上記の場合よりも比較的均一な材料を製造することができる。しかし、この方法でも、なお高濃度のホウ素を含有させることが困難である上、構造材料として使用するためには加工性、強度等という点においても問題がある。

【0004】 これに対し、アルミニウム基板表面に中性

子吸収性元素を溶射法によって被覆した複合材を中性子吸収材料として提案されている。しかしながら、溶射法では、被覆厚み、材料の大きさ・形状等が制限されるだけでなく、被覆後の加工が困難であり、また使用中に被覆層が剥離するという問題もある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 このように、従来技術で製造される中性子吸収材料は、その中性子吸収効果という点では十分なものとは言えず、信頼性に欠けるものである。

【0006】 従って、本発明の主な目的は、これら従来技術の問題を解消し、信頼性の高い中性子吸収性能を有する材料を提供することにある。特に、本発明は、良好な中性子吸収効果を有するとともに、構造材料に適した強度及び加工性、さらには良好な放熱性を発揮できる中性子吸収材料を提供することを主な目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明者は、これら従来技術の問題に鑑み、鋭意研究を重ねた結果、特定組成をもつ材料を中性子吸収材料として採用することにより上記目的を達成できることを見出し、ついに本発明を完成するに至った。

【0008】 すなわち、本発明は、下記の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末及び中性子吸収材料に係るものである。

【0009】 1. Gd及びSmの少なくとも1種を0.1～50重量%含む中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【0010】 2. アトマイズ法によって製造される前記項1記載の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【0011】 3. 平均粒径が500μm以下である前記項1又は2に記載の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【0012】 4. さらにホウ素及びその化合物の少なくとも1種のホウ素成分をホウ素換算で2.4重量%以下含む、前記項1～3のいずれかに記載の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末。

【0013】 5. 前記項1～4のいずれかに記載のアルミニウム合金粉末を固化成形して得られる中性子吸収材料。

【0014】 6. 最長径10μmを超える晶出物及び析出物が存在しない前記項5記載の中性子吸収材料。

【0015】 7. 150℃での引張強度が100MPa以上である前記項5又は6に記載の中性子吸収材料。

【0016】 8. 熱伝導率が160W/mK以上である前記項5～7のいずれかに記載の中性子吸収材料。

【0017】 9. Gd及びSmの少なくとも1種ならびにAlを含む溶湯をアトマイズすることを特徴とする中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末の製造方法。

【0018】 10. Gd及びSmの少なくとも1種が溶

湯中0.1～50重量%含まれる前記項9記載の製造方法。

【0019】11. 前記項1～3のいずれかに記載のアルミニウム合金粉末97.6～99.9重量部とホウ素及びホウ素化合物の少なくとも1種をホウ素換算で0.1～2.4重量部混合してなる中性子吸収複合材用粉末。

【0020】

【発明の実施の形態】(1) 中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末

本発明の中性子吸収材料用アルミニウム合金粉末は、Gd及びSmの少なくとも1種(以下「中性子吸収元素」ともいう)を合金粉末中0.1～50重量%、好ましくは0.5～30重量%含む。中性子吸収元素が0.1重量%未満では中性子線を吸収する効果が不十分となるおそれがある。50重量%を超えると加工性又は成形性が低下するおそれがある。

【0021】本発明では、さらにホウ素及びその化合物の少なくとも1種のホウ素成分をホウ素換算で2.4重量%を超えない範囲で含んでいても良い。ホウ素成分を添加することによって、良好な加工性、成形性等を維持しつつ、より優れた中性子吸収効果(特に高速中性子線吸収効果)を得ることができる。ホウ素成分としては、ホウ素のほか、 $B_4C$ 、 $TiB_2$ 、 $B_2O_3$ 、 $FeB$ 、 $FeB_2$ 等のホウ素化合物も使用することができる。用いるホウ素成分の形態も限定的ではないが、通常は粉末状のものを使用すれば良い。この場合の平均粒径は1～10 $\mu m$ 程度のものを好適に使用することができる。ホウ素成分を添加する場合は含有量の下限値は特に限定されないが、通常は0.1重量%程度とすれば良い。

【0022】さらに、本発明の効果を妨げない範囲内において、必要に応じて第三成分を含有させることもできる。第三成分としては、例えば中性子吸収材料に高温強度が要求される場合等にはTi、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Mo、Nb、Zr、Sr等の少なくとも1種を添加することができる。また、例えば中性子吸収材料に室温強度が要求される場合等は、Si、Cu、Mg、Zn等の少なくとも1種を添加することができる。これら第三成分の添加量(合計量)は、添加する元素の種類等に応じて適宜設定すれば良いが、通常は15重量%以下とすれば良い。

【0023】本発明の合金粉末では、これらの成分以外の残部としては基本的にアルミニウム及び不可避不純物からなる。

【0024】これらのホウ素成分、第三成分は、アルミニウム及び中性子吸収元素とともに合金化されていても良いし、あるいはアルミニウム及び中性子吸収元素を含む合金粉末とは別途の粉末として配合されていても良い。すなわち、本発明合金粉末の一部又は全部は、これらの成分の単独粉末を添加混合した混合粉末であっても

良いし、これらのホウ素成分、第三成分等のいずれかの少なくとも1種と合金化された合金粉末であっても良い。混合粉末を調製する際には、Vブレンダー、ミキサー、振動ミル、遊星ミル等公知の混合手段を採用し、所定の時間(例えば10分～6時間程度)混合すれば良い。また、混合は、乾式又は湿式のいずれであっても良い。

【0025】本発明合金粉末の粒度は特に限定されないが、通常は平均粒径500 $\mu m$ 以下、好ましくは150 $\mu m$ 以下の粉末とする。平均粒径の下限値は限定的ではないが、一般には10 $\mu m$ 程度とすれば良い。かかる範囲内の粒度に設定することにより、いっそう優れた加工性、機械的特性を得ることができる。粒度の調整は、前記のような混合手段を適宜用いることにより実施できる。なお、本発明の平均粒径は、レーザー回折式粒度分布測定法による値を示す。

【0026】粉末形状も限定されず、例えば真球状、涙滴状、フレーク状、回転楕円体状、不定形状等のいずれであっても良い。

(2) アルミニウム合金粉末の製造方法

本発明の合金粉末の製造方法は、得られる合金粉末が所定量の中性子吸収元素を均一に含有できる限り特に限定されず、公知の金属粉末の製造方法に従って製造することもできる。例えば、アトマイズ法、メルトスピニング法、回転円盤法、回転電極法、その他の急冷凝固法等を適用して製造することができる。

【0027】本発明では、工業的生産に適しているという点でアトマイズ法(特にガスアトマイズ法)が好ましい。すなわち、Gd及びSmの少なくとも1種ならびにAlを含む溶湯をアトマイズすることにより合金粉末を製造することが望ましい。この場合、中性子吸収元素が溶湯中0.1～50重量%(好ましくは0.5～30重量%、より好ましくは0.5～20重量%)含まれることが望ましい。上記溶湯中には、アルミニウム及び不可避不純物のほか、前記のように必要によりホウ素成分、第三成分等を含有させても良い。

【0028】溶湯の調製は、公知の方法に従えば良いが、溶湯中の合金成分とマトリックスであるアルミニウムとがより均一に混ざるという点で本発明では高周波誘導加熱により行うことが好ましい。

【0029】上記溶湯は、通常700～1400℃程度で加熱してアトマイズすることが好ましい。この温度範囲に設定することにより、より効率的なアトマイズを実施することができる。

【0030】アトマイズに際しては、冷却速度を通常100～100000℃/秒程度とすることが望ましい。この範囲内の冷却速度でアトマイズすることにより、粗大晶出物の生成をより有効に回避でき、機械的特性、加工性等に優れた合金粉末を効率的に得ることができる。

【0031】アトマイズにおける噴霧媒・雰囲気は、例

えば空気、窒素、アルゴン、二酸化炭素、水等又はこれらの混合物を使用することができる。噴霧媒は、合金粉末の酸化をより効果的に回避できるという点から不活性ガス（窒素、アルゴン等）を用いることが好ましい。

### （３）中性子吸収材料の製造方法

本発明の中性子吸収材料は、本発明のアルミニウム合金粉末を固化成形して得られるものである。原料として本発明合金粉末を用いるほかは、公知の粉末冶金等で採用されている技術により固化成形して得ることができる。

【００３２】例えば、本発明合金粉末から予備成形体を作製した後、予備成形体を３５０～６００℃に加熱し、次いで熱間加工する方法により、本発明の中性子吸収材料を得ることができる。予備成形体の作製は、冷間プレス、冷間静水圧成形（ＣＩＰ）等の公知の方法に従って行うことができる。予備成形体の相対密度は、通常６０～８０％程度とすれば良い。上記加熱雰囲気は、特に限定されず、所望の物性等に応じて適宜設定すれば良い。例えば、大気中（酸化性雰囲気中）、非酸化性雰囲気中（例えば、窒素ガス、アルゴンガス、真空中等）の雰囲気を設定できる。加熱時間は、加熱温度等に応じて適宜設定できるが、通常は０．５～３０時間程度とすれば良い。上記熱間加工は、最終製品の形態等により適宜変更でき、例えば熱間押出成形、ホットプレス（ＨＰ）、熱間等方圧プレス（ＨＩＰ）等の公知の方法を採用することができる。

【００３３】また、本発明の中性子吸収材料は、焼結法、粉末鍛造法、射出成形法（ＭＩＭ）等によっても製造できる。例えば、焼結法では、本発明合金粉末を冷間プレス等の公知の成形法により成形体を作製した後、成形体を通常５００～６６０℃程度で焼結すれば良い。焼結雰囲気は、前記の加熱の場合と同様にすれば良い。また、例えばホットプレス装置を用いて成形と焼結を同時に実施しても良い。

【００３４】本発明では、これらの方法により得られた材料をそのまま中性子吸収材料として用いることができるが、上記材料中にＣｕ、Ｍｇ、Ｓｉ、Ｚｎ等の時効硬化性元素が含まれる場合には、さらに上記材料にＴ６処理、Ｔ４処理等の公知の時効処理を施すことができる。かかる処理により強度をさらに高めることができる。

### （４）中性子吸収材料

本発明の中性子吸収材料は、好ましくは、最長径１０μｍを超える晶出物及び析出物が存在しない。より好ましくは最長径５μｍを超える晶出物及び析出物が存在しない。このような組織を有することにより、中性子吸収効果をはじめ、優れた強度、耐熱性、加工性、均一性等が効果的に達成される。また、このような組織は、本発明合金粉末を用いることにより確実に得ることができる。

【００３５】なお、最長径とは、材料組織を観察した場合において、測定すべき析出粒物又は晶出物（析出相又は晶出相を含む。）を２本の平行線で挟み込んだときに

最大となる径をいう。

【００３６】本発明の中性子吸収材料における室温（約２５℃）での引張強度は、通常１３０ＭＰａ以上、好ましくは１５０ＭＰａ以上である。また、室温での伸びは、５％以上であることが好ましい。かかる特性を備えることにより、加工性、耐久性、信頼性等の点で優れ、幅広い用途への適用が可能となる。

【００３７】本発明の中性子吸収材料は、１５０℃での引張強度が１００ＭＰａ以上であることが望ましい。また、２５０℃での引張強度が８０ＭＰａ以上であることが望ましい。かかる高温引張強度を有することにより、例えば使用済み核燃料貯蔵容器用（使用済み核燃料収納用キャスク用材）として好適に使用することができる。使用済み核燃料は、発熱により通常１００～２００℃の温度に達するため、かかる温度域での強度が要求されるが、本発明中性子吸収材料は高温強度にも優れるため、これらの用途にも有効である。

【００３８】本発明の中性子吸収材料は、室温（約２５℃）での熱伝導率は１６０Ｗ／ｍＫ以上であることが好ましく、特に２００Ｗ／ｍＫ以上であることがより好ましい。かかる熱伝導率を有することにより、前記使用済み核燃料貯蔵容器のような高温下での使用が要求される材料又は部材に好適に用いることができる。

【００３９】本発明によれば、優れた中性子吸収性能とともに構造材料に適した強度及び加工性、さらには良好な放熱性を発揮できる中性子吸収材料を提供することができる。このような特徴をもつ材料は、例えば原子炉又はその周辺設備、放射線医療機器、核シェルター、使用済み核燃料貯蔵容器（使用済み核燃料収納用キャスク）等に用いる材料又は部材として好適に用いることができる。

【００４０】とりわけ、Ｇｄ及びＳｍの少なくとも１種を含む本発明材料は、ウランの核分裂連鎖反応を引き起こす、速度の遅い熱中性子（エネルギー０．０２５ｅＶを中心とする０．００４～０．１ｅＶの広範囲の中性子であり、これは波長１．８Åを中心とする０．９～４．５Åの範囲の中性子に該当する。）を効率良く吸収することができる。また、本発明の中性子吸収材料は、高温強度、熱伝導率等も優れているため、特に使用済み核燃料収納用キャスク用材として有効に用いることができる。

### 【００４１】

【発明の効果】本発明によれば、以下のような効果を得ることができる。

（１）本発明アルミニウム合金粉末は、特にＧｄ及びＳｍの少なくとも１種が特定量含有されていることから、信頼性の高い中性子吸収材料を提供することができる。すなわち、不均一性（吸収元素の分散不均一性）がほとんどないため、従来技術のような問題を解消することができる。

(2) 本発明の中性子吸収材料は、特に粗大粒子が存在しない微細組織を有することから、中性子を効率的に吸収できることに加え、優れた強度、加工性、高熱伝導率、均一性等を兼ね備えている。このため、特に中性子吸収効果と耐熱性とが同時に要求される用途に有効である。

(3) 本発明の製造方法では、微細組織を有する中性子吸収材料の原料となる本発明アルミニウム合金粉末を比較的低コストで効率良く製造できるので、工業的規模での生産に適している。

#### 【0042】

【実施例】以下、実施例を示し、本発明の特徴とするところをより一層明確にする。但し、本発明の範囲は、これら実施例に限定されるものではない。

【0043】なお、実施例に示す各物性値は、以下のような方法によりそれぞれ測定を行った。

#### (1) 成分

ICP発光分光分析法により行った。

#### (2) 平均粒径

商品名「マイクロトラック」(日機装製)を使用し、レーザー回折式粒度分布測定法により実施した。

#### (3) 引張強度

平行部3.5φ×25mmの試料を用い、アムスラー試験機により行った。

#### (4) 高温引張強度

上記(3)の試料と同形状の試料を150℃又は250℃で100時間保持後、同温度で上記(3)と同様にし

て測定した。

#### (5) 熱伝導率

レーザーフラッシュ法により測定した。

#### (6) 中性子吸収特性

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 中性子科学研究施設に設置された小/広角回折装置(SWAN)を用いて行った。なお、試料としては、板状押出体を厚さ0.5mmまで研磨したものを使用した(一部については厚さ4.0mmで測定)。

#### (7) 加工性

試料を押出加工又は旋盤加工したときのビブリの発生の有無で評価した。ビブリの発生があったものを「×」、ビブリの発生がなかったものを「○」とした。ビブりが発生すると、材料歩留まりが低下するとともに、加工に用いるダイス、工具等の寿命が極端に短くなる。

#### (8) 組織

試料をバフ研磨した後の表面を走査型電子顕微鏡(SEM)(3500倍)により観察し、晶出物及び析出物の有無及びその粒径を測定した。

#### 【0044】実施例1

表1に示す組成のアルミニウム合金溶湯を850℃に保持し、窒素ガス(ガス圧:1MPa)を用いたアトマイズ法によりアルミニウム合金粉末をそれぞれ製造した。セルサイズを測定した結果、アトマイズにおける冷却速度はいずれも $10^3 \sim 10^5$ ℃/秒であった。

#### 【0045】

【表1】

【表1】

化学組成分析値(mass%)

	Cu	Fe	Si	Mn	Mg	Zn	Ni	Cr	Ti	Sm	Gd	B	Al
①Al-7Sm	0.02	0.10	0.10	TR	TR	TR	0.03	TR	TR	7.20	-	-	Bal.
②Al-1Gd	TR	0.01	0.02	TR	0.03	TR	TR	TR	TR	-	1.05	-	Bal.
③Al-10Gd	TR	0.02	TR	TR	0.01	TR	TR	TR	TR	-	10.22	-	Bal.
④Al+5B,C	0.04	0.24	0.30	TR	0.04	TR	TR	TR	TR	-	-	3.81	Bal.
⑤Al	0.03	0.25	0.33	TR	0.03	TR	TR	TR	TR	-	-	-	Bal.
⑥0.01-1Gd	0.30	0.08	0.05	TR	1.01	TR	TR	0.20	TR	-	1.03	-	Bal.
⑦Al-7Sm+2B,C	0.02	0.10	0.10	TR	TR	TR	0.03	TR	TR	7.1	-	1.57	Bal.
⑧Al-4.2Sm-1B-1Ti+1B,C	0.03	0.10	0.08	TR	TR	TR	TR	TR	1.08	4.2	-	1.78	Bal.
⑨Al-5.6Sm-1B-1Ti	0.03	0.10	0.08	TR	TR	TR	TR	TR	0.78	5.24	-	0.74	Bal.
⑩Al-0.6Gd-1B-1Ti+1B,C	0.02	0.11	0.08	TR	TR	TR	TR	TR	0.96	-	0.68	0.92	Bal.
⑪Al-0.8Gd-1B-1Ti	0.03	0.10	0.08	TR	TR	TR	TR	TR	0.58	-	0.47	0.64	Bal.

TRは0.01%未満 <ICP発光分光分析法による>

【0046】得られた試料粉末1、2、3、6、8、

9、10及び11の平均粒径を表2に示す。

【0047】

【表2】

【表2】

試料	平均粒径 ( $\mu\text{m}$ )
①Al-7Sm	41.3
②Al-1Gd	44.4
③Al-10Gd	45.3
⑤6061-1Gd	45.9
⑧Al-4.2Sm-1B-1Ti	50.3
⑨Al-5.6Sm-1B-1Ti	52.2
⑩Al-0.6Gd-1B-1Ti	48.4
⑪Al-0.8Gd-1B-1Ti	47.6

【0048】なお、試料粉末4は、純度99.3wt%の純アルミニウム粉末（東洋アルミニウム製、平均粒径40 $\mu\text{m}$ ）95重量部と $\text{B}_4\text{C}$ 粉末（共立窯業製、平均粒径7 $\mu\text{m}$ ）5重量部とを混合したものである。

【0049】試料粉末5は、純度99.3wt%の純アルミニウム粉末（東洋アルミニウム製、平均粒径40 $\mu\text{m}$ ）をそのまま用いたものである。

【0050】試料粉末7は、Al-7重量%Sm合金粉末98重量部に $\text{B}_4\text{C}$ 粉末（共立窯業製、平均粒径5 $\mu\text{m}$ ）2重量部を混合したものである。

【0051】試料粉末8は、Al-4.2重量%Sm-1重量%B-1重量%Ti合金粉末99重量部に $\text{B}_4\text{C}$ 粉末（電気化学工業製、平均粒径9 $\mu\text{m}$ ）1重量部を混合したものである。

【0052】試料粉末10は、Al-0.6重量%Gd-1重量%B-1重量%Ti合金粉末に $\text{B}_4\text{C}$ 粉末（共立窯業製、平均粒径6 $\mu\text{m}$ ）1重量部を混合したものである。

【0053】次いで、各試料粉末を圧力150MPaの冷間静水圧成形（CIP）にて相対密度75%の冷間予備成形体を作製し、この成形体を500℃の炉中で30分間保持した後、押出比10で直径10mmの丸棒及び厚さ4mm×幅20mm×長さ300mmの板状押出成形体を作製した。

【0054】得られた押出成形体を適当な寸法に切断・加工することにより各試料粉末に対応する試料1～11を作製し、各物性の測定・評価を行った。その結果を表3及び図1～図3に示す。なお、図1中、「7Sm」は試料1、「1Gd」は試料2、「10Gd」は試料3をそれぞれ示す。

【0055】

【表3】

【表3】

試料	室温		150℃	250℃	室温	加工性	組織 ( $\mu\text{m}$ )
	UTS (MPa)	伸び (%)	UTS (MPa)	UTS (MPa)	熱伝導率 (W/mK)		
①	250	13.7	208	169	212	○	<0.5
②	137	18.6	105	86	234	○	<0.5
③	227	20.6	183	137	221	○	2.5
④	115	8.8	87	48	153	×	<0.5
⑤	90	18.0	65	31	215	○	<0.5
⑥	280	10.8	202	123	193	○	<0.5
⑦	204	20.9	153	114	193	○	<0.5
⑧	177	18.5	143	87	207	○	3.0
⑨	190	19.0	139	98	222	○	4.5
⑩	164	19.5	121	74	213	○	6.5
⑪	161	18.9	110	64	212	○	8.0

【0056】なお、試料6（6061-1Gd）については、試験片作製後にT6処理（時効処理：510℃で1時間保持した後、水焼入れし、さらに175℃で6時間熟処理）を行った後に測定・評価した。

【0057】表3の結果より、本発明品である試料1～3及び6～11は、150℃で100時間保持後の引張強度が100MPa以上であることがわかる。また、熱伝導率が160W/mK以上であることがわかる。これに対し、従来品に該当する試料4は、いずれの物性においても、本発明品より劣っていることがわかる。なお、図1中、試料1に見られる低波長側のピークは共鳴吸収によるものである。

【0058】また、図1～図3より、試料1～3の中性子吸収性能は良好であり、特に試料3の中性子透過率が最も低く、より優れた効果を発揮できることがわかる。

これに対し、試料5の中性子透過率は測定波長内ではすべて90%以上であった。なお、試料4の中性子透過率は試料1～2と同程度であった。

【0059】また、試料3について、その組織を観察した。その結果を図4（押出成形体の押出方向の垂直断面）及び図5（押出成形体の押出方向の平行断面）に示す。なお、比較のため、試料3と同じ組成をもつ合金溶湯を約20mm×50mmの鋳型に流し込んで得られた材料の組織観察結果を図6に示す。図4及び図5には、粒径5 $\mu\text{m}$ を超える晶出物及び析出物の存在は一切認められなかった。これに対し、図6では、10 $\mu\text{m}$ を超える晶出物及び析出物（白い領域）が確認された。なお、試料1～2及び6～11について同様の観察を行った結果、粒径10 $\mu\text{m}$ を超える晶出物及び析出物の存在は一切認められなかった。これより、本発明品は、粗大粒子

の存在しない微細構造から構成されていることがわかる。

【0060】以上の結果より、本発明品が中性子吸収効果だけでなく、高温強度、熱伝導性、加工性等にも優れた効果を発揮できることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例における試料1～3の中性子透過率の測定結果を示す図である。

【図2】板厚0.5mmの各試料の熱中性子( $\lambda = 1.8 \text{ \AA}$ )の透過率を示す図である。棒グラフは計算値、プ

ロットは実測値をそれぞれ示す。

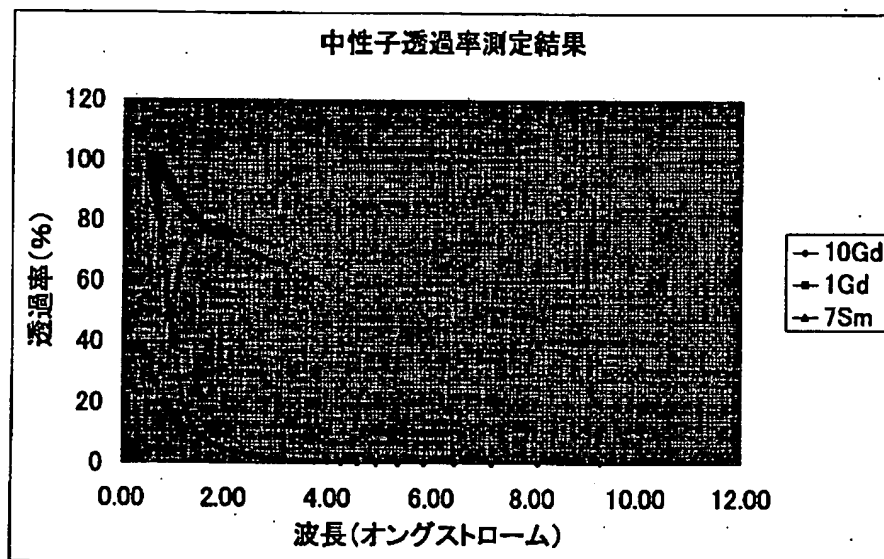
【図3】板厚4.0mmの各試料の熱中性子( $\lambda = 1.8 \text{ \AA}$ )の透過率を示す図である。棒グラフは計算値、プロットは実測値をそれぞれ示す。

【図4】試料3のSEMによる組織観察の結果を示す図(イメージ図)である。

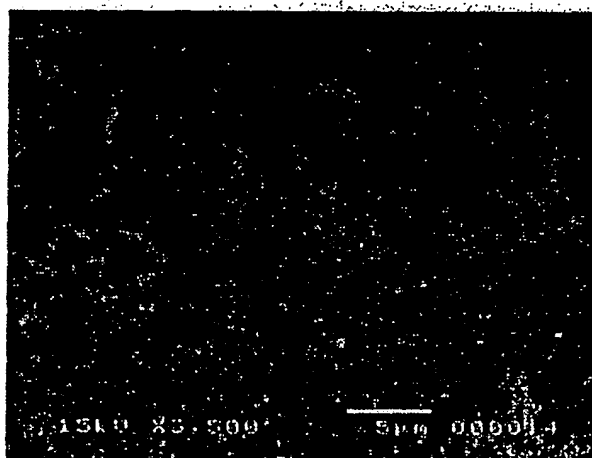
【図5】試料3のSEMによる組織観察の結果を示す図(イメージ図)である。

【図6】比較品(鋳造品)のSEMによる組織観察の結果を示す図(イメージ図)である。

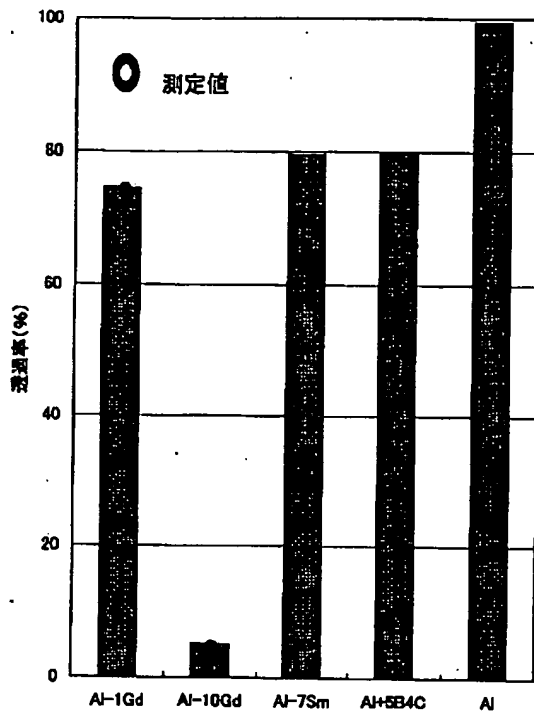
【図1】



【図4】

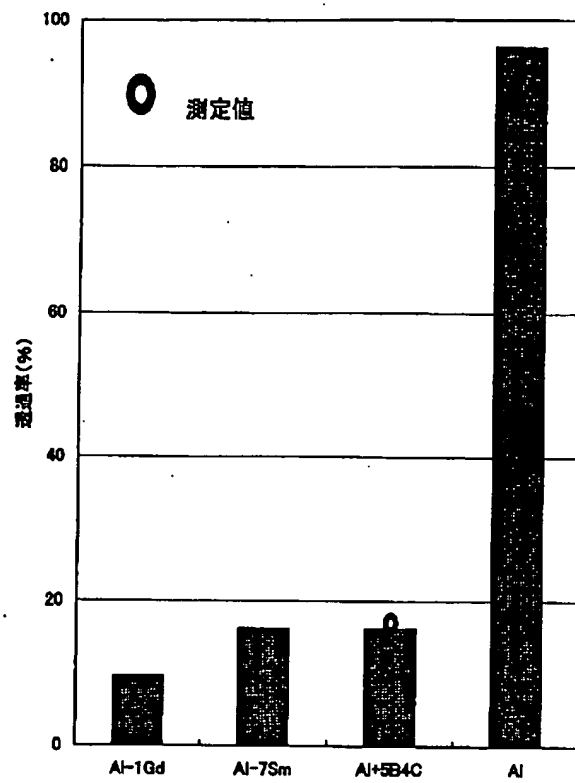


【図2】



板厚0.5mm試料の熱中性子( $\lambda=1.8\text{\AA}$ )透過率比較  
(棒グラフ:計算値 プロット:実測値)

【図3】



板厚4mm試料の熱中性子( $\lambda=1.8\text{\AA}$ )透過率比較  
(棒グラフ:計算値 プロット:実測値)

【図5】





BEST AVAILABLE COPY

【図6】

